

К ОЦЕНКЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СПОСОБА ПРОПИТКИ ОБМОТОК МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА КОМПАУНДАМИ С ТЕПЛОПРОВОДЯЩИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

*Кычанов М.В., Лыткин В.В., Ягунов А.И., Денисенко В.И., Пластун А.Т.
УрФУ*

E-mail: kem_em@mail.ustu.ru

На кафедре «Электрические машины» УрФУ впервые предложено использовать известный метод ультразвуковой пропитки обмоток для асинхронных двигателей с всыпными обмотками для пропитки компаундами с теплопроводящими наполнителями. Суть метода заключается в применении пропиточных составов на основе кремнийорганического лака марки КО 916К с оксидонитридом алюминия в качестве наполнителя в виде нанопорошка, а сама пропитка осуществляется с применением ультразвука, что в комплексе позволяет повысить как электрическую прочность изоляции обмоток, так и увеличить теплопередачу через изоляцию обмотки.

Описание преимуществ, технологического процесса и первого опыта ультразвукового способа пропитки компаундами с теплопроводящими наномодифицированными наполнителями приведены в [1, 2]. На основе выполненного анализа были сформулированы рекомендации по совершенствованию ультра-

звукового способа пропитки пропиточным компаундом с нанопорошком оксидонитрида алюминия в качестве теплопроводящего наполнителя и технологии обмоточных работ.

Для реализации рекомендаций по совершенствованию способа ультразвуковой пропитки с теплопроводящими наполнителями кафедры «Электрические машины» совместно с кафедрой «Редкие металлы и наноматериалы», с предприятиями ЗАО «Уралэлектромаш» и ЗАО «РЭЛТЕК» внесли соответствующие изменения в технологический процесс [3].

Ультразвуковая пропитка осуществлялась с использованием соответствующим образом подобранного стандартного оборудования. В соответствии с рекомендациями увеличена мощность оборудования.



Рис. 1. Общий вид установки
ультразвуковой пропитки

Для пропитки применен ультразвуковой генератор модульного типа УЗГ3-4 с магнитострикционным преобразователем ПМС-2,5-18, объединенным с пропиточной ванной в единый блок (рис. 1).

Магнитострикционный преобразователь с максимальной акустической мощностью не менее 0,9 кВт установлен на дне пропиточной ванны. По сравнению с предыдущим циклом испытаний [1, 2] акустическая мощность ультразвукового оборудования увеличена не менее чем на 20 %.



Рис. 2. Пропитка обмотки статора с применением ультразвука

Процесс пропитки опытных образцов по уровням температур и по времени на каждом этапе был аналогичен технологии пропитки серийных двигателей, принятой в ЗАО «Уралэлектромаш» при использовании кремнийорганического лака марки КО 916К с растворителем ксилолом.

Для лучшего проникновения пропиточного компаунда в пазовую и лобовую части обмотки исключено бандажирование лобовых частей плотной стеклотканью. Бандажирование выполнено крепким шнуром. После рихтовки и бандажировки лобовых частей перед пропиткой вынуты все пазовые клинья. Для уменьшения объема пропиточного пространства и его ограничения станина двигателя с обмотанным статором с нижнего торца герметично закрывается технологической крышкой (пластиной) и устанавливается вертикально внутрь пропиточной ванны. Затем внутрь статора заливается пропиточный состав до половины высоты статора. Ультразвуковые колебания от магнитострикционного преобразователя передаются пропиточному составу посредством водной среды через герметизирующую пластину. Для уменьшения расхода пропиточного состава, в статор заводится технологическая втулка, при погружении которой высота пропиточного состава поднимается до верхнего торца корпуса статора (рис. 2). Длительность пропитки составляет 25...30 минут.

После пропитки статор вынимают из пропиточной ванны и сливают излишки пропиточного лака. Затем статор помещают в сушильный шкаф с низким давлением воздуха (для подогрева и удаления излишков растворителя) и снова устанавливают в пропиточную ванну для повторной пропитки.

После окончания пропитки статор с обмоткой поступает на сушку изоляции обмотки статора по регламенту сушки кремнийорганического лака марки КО 916К.

Опытный образец двигателя успешно прошел испытания на проверку электрической прочности витковой и корпусной изоляции, проведенные по стандартной методике.

Результаты тепловых испытаний показали, что применение ультразвуковой пропитки компаундом с наноструктурированным наполнителем на основе нитрида алюминия приводит к снижению перегрева обмотки статора в номинальном режиме работы двигателя и увеличению КПД на 0,2...0,3 % по сравнению с КПД серийного двигателя, изготовленного с трехкратной пропиткой обмотки статора по классической технологии.

Таким образом, испытания двигателя показали положительную тенденцию на снижение температуры обмотки статора, как и в предыдущей серии [1, 2]. Однако степень снижения оказалась менее ожидаемой. Анализ результатов технологического процесса ультразвуковой пропитки выявил основной недостаток рассмотренного варианта: мощность ультразвукового генератора оказалась недостаточной для передачи ультразвуковых колебаний от магнитострикционного преобразователя пропиточному составу через герметизирующую пластину толщиной 3 мм. В этом варианте передача ультразвуковых колебаний реализована главным образом в осевом направлении обмотки статора, гидравлическое сопротивление в котором имеет значительную величину. В связи с этим, на дальнейших этапах по усовершенствованию технологии ультразвуковой пропитки компаундами с теплопроводящими наполнителями необходимо наряду с продольным обеспечить радиальное направление передачи ультразвуковых колебаний, а также для усиления продольных ультразвуковых колебаний уменьшить толщину герметизирующей пластины.

Работа выполнена при поддержке Правительства Свердловской области: постановление № 1187 от 30.11.2007 г. «О приоритетных направлениях развития нанотехнологий в Свердловской области на 2008–2010 гг.»

Библиографический список

1. К оценке эффективности ультразвукового способа пропитки обмоток машин переменного тока с использованием нанооксидонитридных наполнителей / М.В. Кычанов, В.В. Лыткин, А.Н. Мойсейченков [и др.] // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Сборник материалов Всероссийской студенческой олимпиады 16-19 ноября 2009 г., научно-практической конференции и выставки студентов, аспирантов и молодых ученых 14–18 декабря 2009 г. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 159–162.
2. Перспективы использования нанооксидонитридных материалов для повышения технико-экономических показателей машин переменного тока / М.В. Кычанов, В.В. Лыткин, А.Н. Мойсейченков, В.И. Денисенко, А.Т. Пластун // Там же. С. 156–150.
3. Оксидно-нитридные материалы для повышения эффективности электромеханических и электромагнитных преобразователей. Разработка технологии изготовления преобразователей с новой изоляцией. Выпуск опытной партии электромеханических преобразователей / Третий этап, часть пятая. Отчет о НИР / ЗАО «Уралэлектромаш»; рук. В.Е. Недзельский. Каменск-Уральский, 2010. 66 с.